

特開平11-251304

(43) 公開日 平成11年(1999) 9月17日

(51) Int. Cl. ° 識別記号

H01L 21/3065

C23C 16/50

C23F 4/00

H01L 21/304

H05H 1/24

645

F I

H01L 21/302

C23C 16/50

C23F 4/00

H01L 21/304

H05H 1/24

B

F

A

645

C

審査請求 有 請求項の数 5 O L (全20頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平10-344736

(22) 出願日 平成10年(1998) 12月 3日

(31) 優先権主張番号 特願平9-333325

(32) 優先日 平 9 (1997) 12月 3日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005832

松下電工株式会社

大阪府門真市大字門真1048番地

(72) 発明者 澤田 康志

大阪府門真市大字門真1048番地 松下電工株式会社内

(72) 発明者 山崎 圭一

大阪府門真市大字門真1048番地 松下電工株式会社内

(72) 発明者 井上 吉民

大阪府門真市大字門真1048番地 松下電工株式会社内

(74) 代理人 弁理士 西川 恵清 (外 1名)

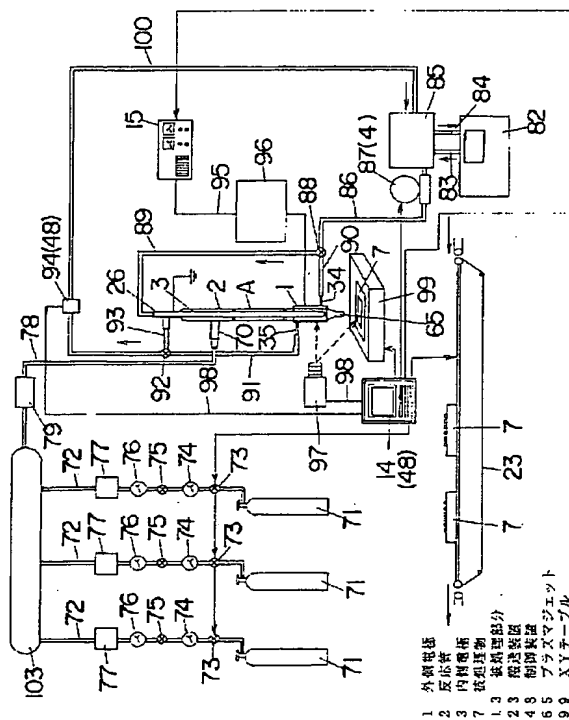
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマ処理システム及びプラズマ処理方法

(57) 【要約】

【課題】 被処理物の特定の部分にのみプラズマ処理を行いやすく、しかも被処理物を連続的に処理することができて処理時間を短くすることができるプラズマ処理システムを提供する。

【解決手段】 外側電極1を備えた筒状の反応管2、及び反応管2の内部に配置される内側電極3を具備して構成される。外側電極1と内側電極3の少なくとも一方に冷却手段を設けて構成される。反応管2に不活性ガスまたは不活性ガスと反応ガスの混合気体を導入すると共に外側電極1と内側電極3の間に交流電界を印加することにより大気圧下で反応管2の内部にグロー放電を発生させ、反応管2からプラズマジェット65を吹き出すプラズマ処理装置。プラズマジェット65が吹き出される位置に被処理物7を搬送する搬送装置23とを備える。大気圧下で周波数の高い交流でプラズマを生成しても、外側電極1あるいは内側電極3の温度上昇を抑えることができる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 外側電極を備えた筒状の反応管、及び反応管の内部に配置される内側電極を具備し、外側電極と内側電極の少なくとも一方に冷却手段を設けて構成され、反応管に不活性ガスまたは不活性ガスと反応ガスの混合気体を導入すると共に外側電極と内側電極の間に交流電界を印加することにより大気圧下で反応管の内部にグロー放電を発生させ、反応管からプラズマジェットを吹き出すプラズマ処理装置と、プラズマジェットが吹き出される位置に被処理物を搬送する搬送装置とを備えて成ることを特徴とするプラズマ処理システム。

【請求項 2】 プラズマジェットが吹き出される位置において被処理物が保持される X Y テーブルまたは X Y Z テーブルを搬送装置に設け、被処理物の被処理部分にプラズマジェットが吹き出されるように X Y テーブルまたは X Y Z テーブルを移動させる制御装置を具備して成ることを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ処理システム。

【請求項 3】 反応管を二次元あるいは三次元に移動させる手段を設けて成ることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のプラズマ処理システム。

【請求項 4】 外側電極を備えた筒状の反応管の内部に内側電極を配置し、外側電極と内側電極の少なくとも一方に冷却手段を設け、反応管に不活性ガスまたは不活性ガスと反応ガスの混合気体を導入すると共に外側電極と内側電極の間に交流電界を印加することにより大気圧下で反応管の内部にグロー放電を発生させ、反応管からプラズマジェットを吹き出すと共に、プラズマジェットが吹き出される位置に被処理物を搬送することを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項 5】 プラズマジェットが吹き出される位置において搬送装置に設けた X Y テーブルまたは X Y Z テーブルに被処理物を保持し、被処理物の被処理部分にプラズマジェットが吹き出されるように X Y テーブルまたは X Y Z テーブルを移動させることを特徴とする請求項 4 に記載のプラズマ処理方法。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】本発明は、被処理物の表面に存在する有機物等の異物のクリーニング、レジストの剥離、有機フィルムの密着性の改善、金属酸化物の還元、製膜、表面改質などのプラズマ処理に利用されるプラズマを発生させるためのプラズマ処理装置を具備するプラズマ処理システム、及びこれを用いたプラズマ処理方法に関するものであり、精密な接合が要求される電子部品の表面のクリーニングに応用されるものである。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】従来より、大気圧下でプラズマ処理を行うことが試みられている（例えば、特開平 2 - 1 5 1 7 1 号公報や特開平 3 - 2 4 1 7 3 9 号公報や特開平 1 -

3 0 6 5 6 9 号公報）。図 2 1 に従来からあるプラズマ処理装置を示す。5 0 は反応槽であって、その内部には上部電極 5 1 と下部電極 5 2 が対向して配置されている。また反応槽 5 0 の上面には絶縁物 5 3 が装着されており、この絶縁物 5 3 を貫通する配線 6 2 にて上部電極 5 1 と交流電源 5 4 が接続されている。尚、交流電源 5 4 は接地されている。また反応槽 5 0 の下面には絶縁物 5 5 が装着されており、この絶縁物 5 5 を貫通する配線 6 1 にて下部電極 5 2 は接地されている。また下部電極 5 2 の上面には固体誘電体 5 9 が設けられている。さらに反応槽 5 0 の上部にはガス導入口 5 6 が設けられていると共に反応槽 5 0 の下部にはガス導出口 5 7 が設けられている。そして固体誘電体 5 9 の上に被処理物 7 を載せ、ガス導入口 5 6 からプラズマ生成用ガスを導入すると共に上部電極 5 1 と下部電極 5 2 の間に交流を印加してプラズマ生成用ガスをプラズマ化することによって、被処理物 7 のプラズマ処理を行うようにしている。

【 0 0 0 3 】

【発明が解決しようとする課題】上記のようなプラズマ処理装置では、被処理物 7 の特定の部分にのみプラズマ処理を行いにくく、しかも被処理物 7 を一個ずつ反応槽 5 0 の中に入れてプラズマ処理を行う、いわゆるバッチ処理しか行うことができず、処理時間が長くなるという問題があった。

【 0 0 0 4 】本発明は上記の点に鑑みてなされたものであり、被処理物の特定の部分にのみプラズマ処理を行いやすく、しかも被処理物を連続的に処理することができて処理時間を短くすることができるプラズマ処理システム及びプラズマ処理方法を提供することを目的とするものである。

【 0 0 0 5 】

【課題を解決するための手段】本発明の請求項 1 に記載のプラズマ処理システムは、外側電極 1 を備えた筒状の反応管 2、及び反応管 2 の内部に配置される内側電極 3 を具備して構成され、外側電極 1 と内側電極 3 の少なくとも一方に冷却手段を設けて構成され、反応管 2 に不活性ガスまたは不活性ガスと反応ガスの混合気体を導入すると共に外側電極 1 と内側電極 3 の間に交流電界を印加することにより大気圧下で反応管 2 の内部にグロー放電を発生させ、反応管 2 からプラズマジェット 6 5 を吹き出すプラズマ処理装置と、プラズマジェット 6 5 が吹き出される位置に被処理物 7 を搬送する搬送装置 2 3 とを備えて成ることを特徴とするものである。

【 0 0 0 6 】また本発明の請求項 2 に記載のプラズマ処理システムは、請求項 1 の構成に加えて、プラズマジェット 6 5 が吹き出される位置において被処理物 7 が保持される X Y テーブル 9 9 または X Y Z テーブルを搬送装置 2 3 に設け、被処理物 7 の被処理部分 1 3 にプラズマジェット 6 5 が吹き出されるように X Y テーブル 9 9 または X Y Z テーブルを移動させる制御装置 4 8 を具備し

て成ることを特徴とするものである。

【0007】また本発明の請求項3に記載のプラズマ処理システムは、請求項1又は2の構成に加えて、反応管2を二次元あるいは三次元に移動させる手段を設けて成ることを特徴とするものである。

【0008】また本発明の請求項4に係るプラズマ処理方法は、外側電極1を備えた筒状の反応管2の内部に内側電極3を配置し、外側電極1と内側電極3の少なくとも一方に冷却手段を設け、反応管2に不活性ガスまたは不活性ガスと反応ガスの混合気体を導入すると共に外側電極1と内側電極3の間に交流電界を印加することにより大気圧下で反応管2の内部にグロー放電を発生させ、反応管2からプラズマジェット65を吹き出すと共に、プラズマジェット65が吹き出される位置に被処理物7を搬送することを特徴とするものである。

【0009】また本発明の請求項5に記載のプラズマ処理方法は、請求項4の構成に加えて、プラズマジェット65が吹き出される位置において搬送装置23に設けたXYテーブル99またはXYZテーブルに被処理物7を保持し、被処理物7の被処理部分13にプラズマジェット65が吹き出されるようにXYテーブル99またはXYZテーブルを移動させることを特徴とするものである。

【0010】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を説明する。

【0011】図2に本発明で用いるプラズマ処理装置Aの一例を示す。反応管2は絶縁性材料（誘電体材料）で円筒状に形成されるものであって、その下端には直径が下側ほど小さくなるように絞り込まれたテーパ構造の集束部20が形成されていると共に、反応管2の下端面である集束部20の下面には吹き出し口21が設けられている。このように集束部20を設けずに吹き出し口21の口径を反応管2の直径とほぼ同じに形成した場合、吹き出し口21から吹き出されるプラズマジェット65の流速を上げようとすると、後述の外側電極1と内側電極3の間隔を小さくして放電空間22の体積を小さくしなければならず、このために外側電極1と内側電極3の冷却が難しくなるが、本発明のように反応管2よりも直径が絞り込まれた集束部20を設けることによつて、放電空間22の体積を小さくすることなくプラズマジェット65の流速を上げることができ、被処理物7のプラズマ処理を効率よく行うことができる。

【0012】図1に示すプラズマ処理装置Aの吹き出し口21の開口面積は、直径が0.1～5mmの真円の面積に相当する大きさに形成されている。吹き出し口21の開口面積が上記の範囲よりも小さすぎると、吹き出されるプラズマジェット65の処理範囲が小さくなりすぎて、被処理物7のプラズマ処理に長時間を要することになり、逆に、吹き出し口21の開口面積が上記の範囲よ

りも大きすぎると、吹き出されるプラズマジェット65の処理範囲が大きくなりすぎて、被処理物7に局所的なプラズマ処理を施すことができなくなる恐れがある。

【0013】また反応管2の上部にはガス導入管70が突設されている。反応管2を形成する絶縁性材料の誘電率は放電空間22（図2に斜線で示す）の低温化の重要な要素であつて、誘電率が2000以下の絶縁性材料を用いるのが好ましい。反応管2の絶縁性材料の誘電率が2000を超えると、外側電極1と内側電極3の空間に印加される電圧が大きくなる代わりに、外側電極1と内側電極3の間の放電空間22でのプラズマの温度（ガス温度）が上昇する恐れがある。反応管2の絶縁性材料の誘電率の下限値は特に限定されないが、2であり、これよりも小さいと、放電を維持するために、外側電極1と内側電極3の間に印加する交流の電圧を大きくしなければならず、このため、外側電極1と内側電極3の間の放電空間22での電力消費量が大きくなって放電空間22でのプラズマの温度が上昇する恐れがある。

【0014】反応管2を形成する絶縁性材料として具体的には、石英、アルミナ、イットリア部分安定化ジルコニウムなどのガラス質材料やセラミック材料などを例示することができる。またマグネシア（MgO）単体あるいはマグネシアを含む絶縁性材料で反応管2を形成することもでき、このことでグロー放電の安定化を図ることができる。これは、マグネシアは二次電子放出係数が高いので、プラズマ中のイオンが反応管2の表面（内面）に衝突した場合、反応管2の表面から二次電子が多量に放出されることになり、この二次電子が反応管2の表面に形成されたシースで加速されてプラズマ生成用ガスを電離することになり、この結果、放電の安定化が保たれると推察される。

【0015】集束部20の上側部分において反応管2の外周には金属製の外側電極1が全周に亘って設けられている。外側電極1の金属材料としては熱伝導性の高いものであることが好ましく、このことで外側電極1の放熱性が向上して放電の均一化を図ることができる。具体的には外側電極1の金属材料として、銅、アルミニウム、真鍮、耐食性の高いステンレスなどを用いることができる。また外側電極1は板状やメッシュ状（網状）に形成することができる。

【0016】外側電極1の反応管2側の表面の算術平均粗さで表した粗度は10～1000μmに設定することができ、このことで、放電空間22における放電の均一化を図ることができる。これはミクロ的に見た場合に、非常に微細なマイクロディスチャージの集合体が形成され、アークへの移行が阻害されるためであると考えられる。外側電極1の表面の粗度が10μm未満であれば、放電しにくくなる恐れがあり、外側電極1の表面の粗度が1000μmを超えると、放電の不均一化が生じる恐れがある。このように外側電極1の表面を粗面化する加

工としては、サンドブラストなどの物理的手段を採用することができる。尚、表面粗さを $y = f(x)$ の形に表した場合の算術平均粗さ Ra (μm)はJIS B 0601で以下の式(1)で定義されている。

【0017】

【数1】

$$Ra = \frac{1}{l} \int_0^l |f(x)| dx \quad \dots (1)$$

l は電極の長さである

【0018】反応管2の内部には反応管2の中心部を上下に貫くように内側電極(中心電極)3が配設されている。内側電極3は断面略円形であって、その直径(外径)は1~20mmに設定するのが好ましい。内側電極3の直径が1mm未満であれば、放電空間22の面する内側電極3の表面積が小さくなり過ぎて放電が起こりにくくなり、プラズマを十分に生成することができなくなる恐れがあり、内側電極3の直径が20mmを超えると、相対的に反応管2や外側電極1を大きくしなければならず、装置が大型化する恐れがある。この内側電極3は集束部20の上側から反応管2の上側に突出するまでに設けられており、反応管2の内部において複数の支持具24にて支持されている。そして反応管2の内部において、外側電極1と内側電極3の間の空間が放電空間22として内側電極3を囲うように形成されている。

【0019】上記の放電空間22の下端から吹き出し口21までの距離、すなわち外側電極1や内側電極3の下端から吹き出し口21までの距離であって、集束部20の高さ寸法は、20mm以下に設定するのが好ましい。この距離が20mmを超えると、活性の高い生きたプラズマ活性種(ラジカルやイオンなど)を消滅させる前に、プラズマジェット65を被処理物7に吹き付けることができなくなって、被処理物7に対するプラズマ処理の能力が低下する恐れがある。従って、放電空間22の下端から吹き出し口21までの距離を20mm以下にすることによって、活性の高い生きたプラズマ活性種を消滅させる前に、吹き出し口21からプラズマジェット65を吹き出して被処理物7に吹き付けることができ、被処理物7のプラズマ処理を高めることができる。放電空間22の下端から吹き出し口21までの距離は小さいほど好ましいので、下限は0である。

【0020】また外側電極1の内面と内側電極3の外面の間の距離(放電空間22の幅寸法)は1~10mmに設定するのが好ましい。この距離が1mm未満であれば、外側電極1と内側電極3の距離が近すぎて安定な放電を得ることができなくなる恐れがあり、この距離が10mmを超えると、外側電極1と内側電極3の距離が遠

すぎて印加電力を大きくしなければならず、外側電極1や内側電極3の温度が上昇して安定な放電を得ることができなくなる恐れがある。

【0021】上記の内側電極3は電極本体管25と供給管26から構成される二重管で形成されている。電極本体管25は上下面が閉口する中空の棒状に形成されるものであって、反応管2よりも上側に突出する箇所には排出管部27が設けられている。電極本体管25よりも小径に形成される供給管26は、電極本体管25の中心部を貫くように電極本体管25の下部から電極本体管25の上側に突出するまでに設けられており、電極本体管25の上側に突出する部分は供給部28として形成されている。そして内側電極3の内部において電極本体管25と供給管26の間には、排出管部27と連通する流路部29として形成されている。これら電極本体管25と供給管26は外側電極1と同様の金属材料で形成されることが好ましく、また電極本体管25の外面は外側電極1と同様に粗面化されているのが好ましい。

【0022】放電空間22における放電の安定化のために、内側電極3の電極本体管25の表面は絶縁性材料(誘電体材料)の被膜でコーティングされていることが好ましい。またこのコーティングで用いる絶縁性材料の誘電率は2000以下であることが好ましく、絶縁性材料の誘電率が2000を超えると、外側電極1と内側電極3の空間に印加される電圧が大きくなる代わりに、外側電極1と内側電極3の間の放電空間22でのプラズマの温度(ガス温度)が上昇する恐れがある。絶縁性材料の誘電率の下限値は特に限定されないが、2であり、これよりも小さいと、放電を維持するために、外側電極1と内側電極3の間に印加する交流の電圧を大きくしなければならず、このため、外側電極1と内側電極3の間の放電空間22での電力消費量が大きくなって放電空間22でのプラズマの温度が上昇する恐れがある。

【0023】内側電極3のコーティングに用いる絶縁性材料として具体的には、石英、アルミナ、イットリア部分安定化ジルコニウムなどのガラス質材料やセラミック材料などを例示することができる。さらに、アルミナ、チタニア、 SiO_2 、 AlN 、 Si_3N_4 、 SiC 、DLC(ダイヤモンド様炭素被膜)、チタン酸バリウム、PZT(チタン酸鉛ジルコネート)などの誘電体材質のものを例示することができる。またマグネシア(MgO)単体あるいはマグネシアを含む絶縁性材料を用いることもでき、このことでグロー放電の安定化を図ることができる。これは、マグネシアは二次電子放出係数が高いので、プラズマ中のイオンが内側電極3の表面のコーティングに衝突した場合、コーティングの表面から二次電子が多量に放出されることになり、この二次電子がコーティングの表面に形成されたシースで加速されてプラズマ生成用ガスを電離することになり、この結果、放電の安定化が保たれると推察される。このようなマグネシアを

含む絶縁性材料としては、例えば、アルミナ等のセラミック粉末の中に微量(0.01~5vol%)のマグネシアを添加して焼結した焼結体、及び石英などのガラス質の表面にCVD等でMgO膜を形成したものなどを挙げることができる。

【0024】また内側電極3の表面にコーティングするにあたっては、絶縁性材料で円筒体(セラミック管やガラス管)を形成し、これの内側に内側電極3を挿着して密着させる方法、及びアルミナ、チタン酸バリウム、PZTなどの粉末をプラズマ中で分散させ、内側電極3の電極本体管25の表面に吹き付けるようにするプラズマ溶射法、及びシリカ、酸化スズ、チタニア、ジルコニア、アルミナなどの無機質粉末を溶剤などにより分散し、内側電極3の電極本体管25の表面にスプレーなどで吹き付けて被覆した後、600℃以上の温度で熔融させるいわゆる珪瑯被覆方法、及びゾルゲル法によるガラス質膜の形成方法などを採用することができる。さらに気相蒸着法(CVD)もしくは物理蒸着法(PVD)により内側電極3の電極本体管25の表面を絶縁性材料でコーティングすることもでき、これらの方法を採用することによって、極めて緻密で平滑な吸着性の乏しい絶縁性材料の被膜で内側電極3の表面をコーティングすることができ、放電の安定化をより促進することができる。

【0025】本発明の冷却手段として用いる冷媒は、イオン交換水や純水も使用することができるが、0℃で不凍性を有し、且つ電気絶縁性及び不燃性や化学安定性を有する液体であることが好ましく、冷媒の電気絶縁性能は0.1mm間隔での耐電圧が10kV以上であることが好ましい。この範囲の絶縁性を有する冷媒を用いる理由は、高電圧が印加される電極からの漏電を防止するためである。このような性質を有する冷媒としては、パーフルオロカーボン、ハイドロフルオロエーテル等を例示することができ、また純水にエチレングリコールを5~60重量%添加した混合液であってもよい。

【0026】本発明において外側電極1と内側電極3に印加される交流の周波数は、1kHz~50GHz、好ましくは10kHz~200MHzに設定される。交流の周波数が1kHz未満であれば、放電空間22での放電を安定化させることができなくなる恐れがあり、交流の周波数が50GHzを超えると、放電空間22でのプラズマの温度上昇が著しくなる恐れがある。また外側電極1と内側電極3に交流を印加する場合、外側電極1と電源15を接続し、内側電極3を接地するのが好ましく、このことで内側電極3と被処理物7の間のストリーマー放電を抑制することができる。これは、内側電極3と被処理物7の間の電位差がほとんど0になり、ストリーマー放電が生成されにくくなるためであり、特に、被処理物7に金属部分が含まれている場合はストリーマー放電の生成が著しくなるので、内側電極3を接地するのが好ましい。尚、図2のものでは内側電極3は供給管2

6の供給部28から接地されている。

【0027】また本発明において外側電極1と内側電極3の間の放電空間22に印加される印加電力は20~3500W/cm³に設定するのが好ましい。放電空間22に印加される印加電力が20W/cm³未満であれば、プラズマを十分に発生させることができなくなり、逆に、放電空間22に印加される印加電力が3500W/cm³を超えると、安定した放電を得ることができなくなる恐れがある。尚、印加電力の密度(W/cm³)は、(印加電力/放電空間体積)で定義される。

【0028】本発明においてプラズマ生成用ガスとしては、不活性ガス(希ガス)あるいは不活性ガスと反応ガスの混合気体を用いることができる。不活性ガスとしては、ヘリウム、アルゴン、ネオン、クリプトンなどを使用することができるが、放電の安定性や経済性を考慮すると、アルゴンやヘリウムを用いるのが好ましい。またアルゴン単独ではストリーマー放電が生成し易いので、アルゴンをヘリウムで希釈した混合ガスを用いることが好ましく、その混合比率は放電空間22の温度とも密接に関連するが、プラズマジェット65の温度を250℃以下にした場合は、アルゴンを90重量%以下にするのが好ましい。これよりもアルゴンが多くなると、ストリーマー放電が生じ易くなる恐れがある。尚、アルゴンが多いとストリーマー放電が生じ易くなるのは、アルゴンがヘリウムに比べて準安定状態のエネルギーや寿命がヘリウムに比べて小さいためであると考えられる。

【0029】また上記反応ガスの種類は処理の内容によって任意に選択することができる。例えば、被処理物の表面に存在する有機物のクリーニング、レジストの剝離、有機フィルムのエッチングなどを行う場合は、酸素、空気、CO₂、N₂Oなどの酸化性ガスを用いるのが好ましい。また反応ガスとしてCF₄などのフッ素系ガスも適宜用いることができ、シリコンなどのエッチングを行う場合にはこのフッ素系ガスを用いるのが効果的である。また金属酸化物の還元を行う場合は、水素、アンモニアなどの還元性ガスを用いることができ、その添加量は不活性ガスに対して10重量%以下、好ましくは0.1~5重量%の範囲である。反応ガスの添加量が0.1重量%未満であれば、処理効果が低くなる恐れがあり、反応ガスの添加量が10重量%を超えると、放電が不安定になる恐れがある。

【0030】また上記有機物の除去や無機物の還元・除去の処理は、反応ガスを用いなくても不活性ガスのみで行うことができる。つまり、被処理物7の表面の酸化やフッ素化を起こさなくても上記処理が行える。これは、プラズマ内部に存在する不活性ガスのイオンやラジカルの運動エネルギーとガス流(プラズマが吹き出す際の流れ)の運動エネルギーが合わさってプラズマが被処理物7にアタックすることによる効果であり、このアタックにより被処理物7の表面の化合物の結合エネルギーを切

断して除去するためであると考えられる。

【0031】次に、上記のように形成されるプラズマ処理装置Aを用いたプラズマ処理方法を説明する。まず、ガス導入管70を通じて反応管2の内部にプラズマ生成用ガスを導入する(矢印①)と共に、外側電極1と内側電極3に高周波などの交流を印加し、さらにこれと同時に内側電極3を冷媒によって冷却すると共に外側電極1に冷却された空気を吹き付けるなどして外側電極1を空冷して冷却する。この後、外側電極1と内側電極3の間に印加された交流電界により大気圧下で反応管2の放電空間22でグロー放電を発生させ、グロー放電で反応管2の内部に導入されたプラズマ生成用ガスをプラズマ化し、プラズマ活性種を含むこのプラズマを図3に示すように吹き出し口21からプラズマジェット65として吹き出して被処理物7の表面に吹きつけることによって、プラズマ処理を行うことができる。

【0032】吹き出し口21から吹き出されるプラズマジェット65の流速は、2~30m/秒に設定するのが好ましい。プラズマジェット65の流速が2m/秒未満であれば、プラズマジェット65の処理能力が小さすぎて被処理物7をプラズマ処理するのに長時間を要することになる恐れがあり、プラズマジェット65の流速が30m/秒を超えると、プラズマジェット65の処理能力が大きすぎて被処理物7が破損する恐れがある。そしてプラズマジェット65の流速が上記の範囲となるように、吹き出し口21の口径や集束部20の傾斜の度合いを調整して設定するのである。

【0033】上記のプラズマ処理において、内側電極3を冷媒によって冷却するにあたっては、供給部28の上端の開口から冷媒を供給管26に供給する(矢印②)と共に、供給管26の下端の開口から冷媒を内側電極3の内部の流路部29に流入し、冷媒を流路部29に充填させるようにして行うことができる。また流路部29に充填させた冷媒は内側電極3の温度上昇により温度が高くなり冷却能力が低下してくるが、この冷却能力が低下した冷媒は排出管部27を通じて流路部29から排出し

(矢印③)、これと同時に供給管26を通じて冷却能力の高い冷媒を新たに流路部29に導入するようにする。流路部29から排出された冷却能力の低下した冷媒は冷凍機に導入され、ここで冷却されて冷却能力の高い冷媒に戻される。冷却能力が向上した冷媒は、上記のように供給管26を通じて流路部29に導入される。このように冷媒を循環させることによって、内側電極3を常に冷却して所望の温度に保つことができる。上記のように内側電極3の流路部29と冷凍機の間で循環させる循環手段としてはポンプを用いることができる。

【0034】プラズマジェット65の温度は250℃以下にするのが好ましい。このような温度にするために、外側電極1及び内側電極3はその表面温度が350℃以下になるように冷却されるのが好ましい。内側電極3の

表面温度が350℃を超えると、放電空間22にストリーマー放電が生成されて、均質なグロー放電が生成されない恐れがある。尚、内側電極3の表面温度の下限値は特に設定されず、例えば0℃以下であってもよく、冷媒が凍結しない温度であればよい。そしてこのように反応管2から吹き出すプラズマジェット65の温度を250℃以下に制御するために制御手段を用いるのが好ましい。制御手段は熱電対などの温度センサーとパーソナルコンピュータなどで構成される温度コントローラーから構成されるものであって、温度センサーで測定し、この測定結果に基づいて温度コントローラーで循環手段による冷媒の循環流量や冷凍機の冷却による冷媒の温度や高周波出力を制御してプラズマジェット65の温度を250℃以下に制御するのである。尚、プラズマジェット65の温度は被処理物7やプラズマ処理の種類に応じて変更し、被処理物7を処理することができる温度以上にする。

【0035】このように本発明のプラズマ処理装置は、内側電極3を冷媒により冷却すると共に外側電極1を空冷により冷却するので、大気圧下で周波数の高い交流でプラズマを生成しても、外側電極1及び内側電極3の温度上昇を抑えることができ、よってプラズマの温度(ガス温度)が高くならないようにすることができて被処理物7の熱的損傷を少なくすることができるものである。また内側電極3を冷媒により冷却すると共に外側電極1を空冷により冷却するので、放電空間22の局所的な加熱を防ぐことができ、均質なグロー放電を生成してストリーマー放電の生成を抑えることができ被処理物7のストリーマー放電による損傷を少なくすることができるものである。これは、従来の方法では内側電極3の温度が高いほど内側電極3からの電子の放出が高められ、局所的な電子の放出が生じ、その部分からストリーマー放電が生成するのに対して、本発明では内側電極3を冷媒で冷却すると共に外側電極1を空冷することによって、局所的な電子の放出が抑えられるためであると考えられる。

【0036】また外側電極1の内側あるいは内側電極3の外側に接するなどして無機の絶縁性材料で形成される反応管2を配置して外側電極1と内側電極3の間に電気的絶縁性材料からなるバリア層を形成するので、より高い放電の安定化を図ることができる。尚、上記実施の形態では、外側電極1の内側に絶縁性材料で形成される反応管2を接するように配置して内側電極3と反応管2の間に放電空間22を形成するようにしたが、これに限らず、内側電極3の外側に絶縁性材料で形成される反応管2を接するように配置して外側電極1と反応管2の間に放電空間22を形成するようにしてもよい。また外側電極1の内側と反応管2の間及び内側電極3の外側と反応管2の間の両方に放電空間22を形成するようにしてもよい。

【0037】またプラズマを集束部20で集めて吹き出し口21からジェット状に吹き出すようにして、被処理物7の小空間にプラズマ(放電)のエネルギー集中するので、処理効果や処理速度を極めて速くすることができる。また冷却手段を施しているため、温度の上昇を招くことなしに印加電力を増加させることができ、その結果としてプラズマの密度を高め、処理速度を速めることができる。さらに処理効果の及ぶ範囲が吹き出し口21の近傍の領域に限定することができ、被処理物7の必要部分のみにプラズマ処理を施すことができるものであり、処理の不要部分にプラズマの影響を与えないようにすることができる。また大気圧下でのプラズマの処理であるので、被処理物7を搬送することにより連続的な処理を行うことができる。

【0038】図4に本発明に用いるプラズマ処理装置Aの他例を示す。このプラズマ処理装置Aは図2のものにおいて、外側電極1を図5のものに代えて形成されるものであって、その他の構成は図1のものと同様に形成されている。この外側電極1は金属製であって、図4に示すように、筒状の外壁30の内側に筒状の内壁31を形成すると共に外壁30と内壁31の間に上下が閉塞された流通路32を形成し、外壁30の外面の上部に流通路32と連通する流入管34を設けると共に流入管34の反対側の位置において外壁30の外面の下部に流通路32と連通する流出管35を設けるようにして形成されている。また内壁31の内周面はサンドブラスト処理等の加工で粗面化されており、その粗度は10~1000 μ mに設定されている。そして内壁31の内周面を反応管2の外周に接触させるようにして外側電極1を反応管2の外側に挿着することによって、プラズマ処理装置Aが形成されている。

【0039】このように形成されるプラズマ処理装置Aを用いてプラズマ処理をするにあたっては、図2の実施の形態と同様に内側電極3を冷媒によって冷却しながら行うことができるが、さらにこの実施の形態のプラズマ処理装置Aは、外側電極1も冷媒によって冷却しながらプラズマ処理を行うものである。つまり、流入管34を通じて冷媒を流通路32に供給して(矢印④)、冷媒を流通路32に充滿させるようにして外側電極1の冷却を行うようにしている。また流通路32に充滿させた冷媒は外側電極1の温度上昇により温度が高くなり冷却能力が低下してくるが、この冷却能力が低下した冷媒は流出管35を通じて流通路32から排出し(矢印⑤)、これと同時に流入管34を通じて冷却能力の高い冷媒を新たに流通路32に導入するようにする。流通路32から排出された冷却能力の低下した冷媒は冷凍機に導入され、ここで冷却されて冷却能力の高い冷媒に戻される。冷却能力が向上した冷媒は、上記のように流入管34を通じて流通路32に導入される。このように冷媒を循環させることによって、外側電極1を常に冷却して所望の温度

に保つことができる。上記のように外側電極1の流通路32と冷凍機の間で循環させる循環手段としては内側電極3の循環手段と同様にポンプを用いることができる。

【0040】このプラズマ処理装置Aでは、外側電極1と内側電極の両方を冷媒により冷却するので、外側電極1を空冷する上記実施の形態に比べて外側電極1の冷却の度合いを大きくすることができる。従って、大気圧下で周波数の高い交流でプラズマを生成しても、外側電極1と内側電極3の両方の温度上昇をより抑えることができ、よってプラズマの温度(ガス温度)がより高くないようにすることができて被処理物7の熱的損傷をより少なくすることができるものである。また外側電極1と内側電極3の両方を冷却することによって、放電空間22の局所的な加熱をより防ぐことができ、より均質なグロー放電を生成してストリーマー放電の生成を抑えることができ、被処理物7のストリーマー放電による損傷をより少なくすることができるものである。これは、外側電極1と内側電極3の両方を冷却することによって、外側電極1と内側電極3の両方からの部分的な電子の放出が抑えられるためであると考えられる。

【0041】図6に本発明で用いるプラズマ処理装置Aの他例を示す。このプラズマ処理装置Aは図5に示す外側電極1を図4のように反応管2の外側に挿着せずに、反応管2に一体に設けて形成されている。つまり、反応管2を絶縁性材料で形成される上筒部2aと下筒部2bの二体で構成し、外側電極1の上端と上筒部2aの下端を接合すると共に外側電極1の下端と下筒部2bの上端を接合することによって、上筒部2aと下筒部2bの間に外側電極1を設けて反応管2と外側電極1を一体化するようにしている。その他の構成は図1及び図3のものと同様に形成されている。従って、このプラズマ処理装置Aは外側電極1と内側電極3が絶縁物を介さずに直接向き合うように形成されている。また外側電極1と内側電極3は絶縁物の上筒部2aにより絶縁されている。

【0042】図7(a)・(b)に本発明で用いるプラズマ処理装置Aの他例を示す。反応管2は絶縁性材料で断面略四角形の矩形型筒状に形成されるものであって、その下端には幅が下側ほど小さくなった集束部20が形成されていると共に集束部20の下面の略全面に亘って吹き出し口21が設けられている。また反応管2の上部にはガス導入管70が突設されている。反応管2を形成する絶縁性材料として上記と同様のものを用いることができる。

【0043】集束部20の上側部分において反応管2の外周には金属製の外側電極1が全局に亘って設けられている。外側電極1は反応管2の形状に対応した矩形状に形成されるものであって、図5に示すものを円筒ではなくて矩形状に形成したものである。つまり、矩形筒状の外壁30の内側に矩形筒状の内壁31を形成すると共に外壁30と内壁31の間に上下が閉塞された流通路32

を形成し、外壁 3 0 の外面の上部に流通路 3 2 と連通する流入管 3 4 を設けると共に流入管 3 4 の反対側の位置において外壁 3 0 の外面の下部に流通路 3 2 と連通する流出管 3 5 を設けるようにして形成されている。また内壁 3 1 の内周面はサンドブラスト処理等の加工で粗面化されており、その粗度は $10 \sim 1000 \mu\text{m}$ に設定されている。そして内壁 3 1 の内周面を反応管 2 の外周に接触させるようにして外側電極 1 を反応管 2 の外側に挿着されている。

【0044】反応管 2 の内部には外側電極 1 と対峙するように内側電極 3 が配設されている。内側電極 3 は集束部 2 0 から反応管 2 の上側に突出するまでに設けられており、反応管 2 の内部において、外側電極 1 と内側電極 3 の間の空間が放電空間 2 2 として内側電極 3 を囲うように形成されている。内側電極 3 は反応管 2 の形状に対応した矩形状に形成される中空の電極本体管 2 5 と、電極本体管 2 5 の上端に突設される供給管部 8 0 と排出管部 8 1 とから構成されており、電極本体管 2 5 の内部は供給管部 8 0 及び排出管部 8 1 と連通する流路部 2 9 として形成されている。この内側電極 3 は外側電極 1 と同様の金属材料で形成されることが好ましく、また電極本体管 2 5 の外面は外側電極 1 と同様に粗面化されているのが好ましい。さらに内側電極 3 の短手方向の長さは、 $1 \sim 20 \text{ mm}$ に設定するのが好ましい。内側電極 3 の短手方向の長さが 1 mm 未満であれば、放電空間 2 2 の面する内側電極 3 の表面積が小さくなり過ぎて放電が起こりにくくなり、プラズマを十分に生成することができなくなる恐れがあり、内側電極 3 の短手方向の長さが 20 mm を超えると、相対的に反応管 2 や外側電極 1 を大きくしなければならず、装置が大型化する恐れがある。

【0045】このように形成されるプラズマ処理装置 A を用いてプラズマ処理をするにあたっては、上記の実施の形態と同様に外側電極 1 及び内側電極 3 を冷媒によって冷却しながら行うことができる。まず、ガス導入管 7 0 を通じて反応管 2 の内部にプラズマ生成用ガスを導入する (矢印 ①) と共に、外側電極 1 と内側電極 3 に高周波などの交流を印加し、さらにこれと同時に外側電極 1 及び内側電極 3 を冷媒によって冷却する。この後、外側電極 1 と内側電極 3 の間に印加された交流電界により大気圧下で反応管 2 の放電空間 2 2 でグロー放電を発生させ、グロー放電で反応管 2 の内部に導入されたプラズマ生成用ガスをプラズマ化し、このプラズマを吹き出し口 2 1 からプラズマジェット 6 5 として吹き出して被処理物 7 の表面に吹きつけることによって、プラズマ処理を行うことができる。

【0046】内側電極 3 を冷媒によって冷却するにあたっては、供給管部 8 0 から冷媒を電極本体管 2 5 の流路部 2 9 に供給し (矢印 ②)、冷媒を流路部 2 9 に充填させるようにして行うことができる。また流路部 2 9 に充填させた冷媒は内側電極 3 の温度上昇により温度が高く

なり冷却能力が低下してくるが、この冷却能力が低下した冷媒は排出管部 8 1 を通じて流路部 2 9 から排出し

(矢印 ③)、これと同時に供給管部 8 0 を通じて冷却能力の高い冷媒を新たに流路部 2 9 に導入するようになる。流路部 2 9 から排出された冷却能力の低下した冷媒は冷凍機に導入され、ここで冷却されて冷却能力の高い冷媒に戻される。冷却能力が向上した冷媒は、上記のように供給管部 8 0 を通じて流路部 2 9 に導入される。このように冷媒を循環させることによって、内側電極 3 を常に冷却して所望の温度に保つことができる。

【0047】外側電極 1 を冷媒によって冷却するにあたっては、流入管 3 4 を通じて冷媒を流通路 3 2 に供給して (矢印 ④)、冷媒を流通路 3 2 に充填させるようにして外側電極 1 の冷却を行うようにしている。また流通路 3 2 に充填させた冷媒は外側電極 1 の温度上昇により温度が高くなり冷却能力が低下してくるが、この冷却能力が低下した冷媒は流出管 3 5 を通じて流通路 3 2 から排出し (矢印 ⑤)、これと同時に流入管 3 4 を通じて冷却能力の高い冷媒を新たに流通路 3 2 に導入するようになる。流通路 3 2 から排出された冷却能力の低下した冷媒は冷凍機に導入され、ここで冷却されて冷却能力の高い冷媒に戻される。冷却能力が向上した冷媒は、上記のように流入管 3 4 を通じて流通路 3 2 に導入される。このように冷媒を循環させることによって、外側電極 1 を常に冷却して所望の温度に保つことができる。尚、プラズマジェット 6 5 の温度が 250°C 以下になるように冷却されるのが好ましく、温度を 250°C 以下に制御するために、上記と同様の温度センサーと温度コントローラから構成される制御装置を用いるのが好ましい。

【0048】図 8 に本発明で用いるプラズマ処理装置 A の他例を示す。このプラズマ処理装置 A は図 3 のものにおいて、反応管 2 の下端部を図 8 (b) (c) のように形成したものであり、その他の構成は図 3 のものと同様に形成されている。この反応管 2 の下端部には集束部 2 0 が形成されておらず、ほぼ真直ぐに形成されている。また反応管 2 の下端面は平板状の閉塞部 1 6 で閉塞されており、閉塞部 1 6 に複数個 (図 8 のものでは四個で略円形の閉塞部 1 6 の四等分線状に配置されている。) の吹き出し口 2 1 が穿孔されている。また反応管 2 の内部には電極本体管 2 5 と供給管 2 6 からなる内側電極 3 が反応管 2 の中心部を上下に貫くように配設されているが、内側電極 3 の電極本体管 2 5 の下端は閉塞部 1 6 の上面の略中央部に当接されている。そして図 5 に示す外側電極 1 を図 4 と同様に反応管 2 の下部の外側に挿着することによって、プラズマ処理装置 A が形成されている。この時、外側電極 1 の下端面と反応管 2 の下端面はほぼ同じ高さに設定されており、従って、外側電極 1 と内側電極 3 の間に形成される放電空間 2 2 の下端から吹き出し口 2 1 までの距離はほぼ 0 になっている。従って、活性の高い生きたプラズマ活性種を消滅させる前

に、吹き出し口 2 1 からプラズマジェット 6 5 を吹き出して被処理物 7 に吹き付けることができ、被処理物 7 のプラズマ処理を高めることができる。

【0049】このように形成されるプラズマ処理装置 A を用いてプラズマ処理をするにあたっては、図 4 の実施の形態と同様に、ガス導入管 7 0 を通じて反応管 2 の内部にプラズマ生成用ガスを導入すると共に、外側電極 1 と内側電極 3 に高周波などの交流を印加し、さらにこれと同時に外側電極 1 と内側電極 3 を冷媒によって冷却し、この後、外側電極 1 と内側電極 3 の間に印加された交流電界により大気圧下で反応管 2 の放電空間 2 2 でグロー放電を発生させ、グロー放電で反応管 2 の内部に導入されたプラズマ生成用ガスをプラズマ化し、このプラズマを図 8 (a) に示すように各吹き出し口 2 1 から同時にプラズマジェット 6 5 として吹き出して被処理物 7 の表面に吹きつけることによって、複数のプラズマジェット 6 5 でプラズマ処理を行うことができる。外側電極 1 と内側電極 3 の冷却は図 3 のものと同様に行われる。

【0050】このプラズマ処理装置 A では、プラズマジェット 6 5 が吹き出される吹き出し口 2 1 を複数個設けたので、被処理物 7 の複数箇所を同時に局所的に処理することができるものである。

【0051】図 9 に本発明で用いるプラズマ処理装置 A の他例を示す。このプラズマ処理装置 A の反応管 2 は、上記と同様の絶縁性材料で断面略四角形の矩形型筒状に形成されるものであって、その上面は断面略半円状の曲面部 1 7 として形成されていると共に反応管 2 の下面は平板状の底面部 1 8 として形成されている。底面部 1 8 には反応管 2 の長手方向に並ぶ複数個の吹き出し口 2 1 が二列に穿設されている。また曲面部 1 7 には上側に突出する複数本のガス導入管 7 0 が接続されている。さらに反応管 2 の各側壁部 1 9 の外面には外側電極 1 が全長に亘って設けられている。

【0052】外側電極 1 は矩形板状に形成されるものである。つまり、外壁 3 0 の内側に内壁 3 1 を形成すると共に外壁 3 0 と内壁 3 1 の間に上下が閉塞された流路 3 2 を形成し、外壁 3 0 の外面の上部に流路 3 2 と連通する流入管 3 4 を設けると共に外壁 3 0 の外面の下部に流路 3 2 と連通する流出管 3 5 を設けるようにして形成されている。また内壁 3 1 の内周面はサンドブラスト処理等の加工で粗面化されており、その粗度は 1 0 ~ 1 0 0 0 μm に設定されている。そして内壁 3 1 の内周面を反応管 2 の外周に接触させるようにして外側電極 1 を反応管 2 の外側に挿着されている。

【0053】反応管 2 の内部には外側電極 1 と対峙するように内側電極 3 が配設されており、外側電極 1 の内面と内側電極 3 の外面の間において反応管 2 の内部には放電空間 2 2 が形成されているが、外側電極 1 の下端は反応管 2 の底面部 1 8 の下面とほぼ同じ高さに形成されて

おり、且つ内側電極 3 の下端は反応管 2 の底面部 1 8 の上面に当接されているので、放電空間 2 2 の下端と吹き出し口 2 1 の間の距離はほぼ 0 に形成されている。従って、活性の高い生きたプラズマ活性種を消滅させる前に、吹き出し口 2 1 からプラズマジェット 6 5 を吹き出して被処理物 7 に吹き付けることができ、被処理物 7 のプラズマ処理を高めることができる。

【0054】内側電極 3 は反応管 2 の形状に対応して反応管 2 の長手方向と同方向に長い矩形状に形成される中空の電極本体管 2 5 と、電極本体管 2 5 に突設される供給管部 8 0 及び排出管部 8 1 とから構成されており、電極本体管 2 5 の内部は供給管部 8 0 及び排出管部 8 1 と連通する流路部 2 9 として形成されている。内側電極 3 の長手方向の端部は反応管 2 の長手方向の端面から外側に突出されており、内側電極 3 の一方の端部には冷媒が供給される供給管部 8 0 が突設されていると共に内側電極 3 の他方の端部には冷媒が排出される排出管部 8 1 が突設されている。この内側電極 3 は外側電極 1 と同様の金属材料で形成されることが好ましく、また電極本体管 2 5 の外面は外側電極 1 と同様に粗面化されているのが好ましい。

【0055】さらに内側電極 3 の短手方向の長さは、1 ~ 2 0 mm に設定するのが好ましい。内側電極 3 の短手方向の長さが 1 mm 未満であれば、放電空間 2 2 の面する内側電極 3 の表面積が小さくなり過ぎて放電が起りにくくなり、プラズマを十分に生成することができなくなる恐れがあり、内側電極 3 の短手方向の長さが 2 0 mm を超えると、相対的に反応管 2 や外側電極 1 を大きくしなければならず、装置が大型化する恐れがある。また反応管 2 の内部で内側電極 3 の上方には整流板 1 0 1 が設けられており、ガス導入管 7 0 を通じて反応管 2 の内部に供給されたプラズマ生成用ガスの流れを整流板 1 0 1 で整えて放電空間 2 2 に供給することができるように形成されている。その他の構成は上記実施の形態と同様に形成されている。

【0056】このように形成されるプラズマ処理装置 A を用いてプラズマ処理をするにあたっては、上記の図 7 に示す実施の形態と同様に外側電極 1 及び内側電極 3 を冷媒によって冷却しながら行うことができる。まず、ガス導入管 7 0 を通じて反応管 2 の内部にプラズマ生成用ガスを導入する（矢印 ①）と共に、外側電極 1 と内側電極 3 の間に高周波などの交流電圧を印加し、さらにこれと同時に外側電極 1 及び内側電極 3 を冷媒によって冷却する。この後、外側電極 1 と内側電極 3 の間に印加された交流電界により大気圧下で反応管 2 の放電空間 2 2 でグロー放電を発生させ、グロー放電で反応管 2 の内部に導入されたプラズマ生成用ガスをプラズマ化し、このプラズマを図 1 0 に示すように、各吹き出し口 2 1 からプラズマジェット 6 5 として同時に吹き出して被処理物 7 の表面に吹きつけることによって、プラズマ処理を行う

ことができる。

【0057】このプラズマ処理装置Aでは、プラズマジェット65が吹き出される吹き出し口21を複数個設けたので、被処理物7を水平面で移動させるようなテーブルを用いることなく、図10に示すように、プラズマ処理装置Aの下側に被処理物7をベルトコンベアなどの搬送装置23で搬送して通過させることによって、被処理物7の広範囲の複数箇所を同時に局所的に処理することができ、装置を簡素化することができるものである。従って、電子部品のような部品に金属や樹脂がハイブリッドで複合された被処理物7においても、アーク（ストリーマー放電）が生じることなく個別にプラズマ処理することができるものである。

【0058】図1に上記の図4のプラズマ処理装置Aを用いたプラズマ処理システムの概要を示すが、プラズマ処理装置Aとしては上記何れのものを用いても良い。71はポンペであって、プラズマ生成用ガスが種類毎に分けて複数本のポンペ71に貯蔵されている。この実施の形態では三本のポンペ71を用いており、そのうち一本はヘリウムガスを、他の一本はアルゴンガスを、さらに他の一本は O_2 や H_2 や CF_4 などの反応性を有するガス（プラズマ活性種）をそれぞれ貯蔵している。各ポンペ71は接続管72を介して一つのみキサー103にそれぞれ接続されている。各接続管72には一次バルブ73、一次圧力計74、二次バルブ75、二次圧力計76、供給量制御器77が設けられている。一次バルブ73は制御装置48を構成する後述のコンピュータなどのコンピュータ14により開閉が制御可能に形成されており、プラズマ処理装置Aで異常な温度が感知された場合にコンピュータ14からの指示により閉まって接続管72の導通を遮断するものである。供給量制御器77はみキサー103に供給されるプラズマ生成用ガスの量を調整するものである。みキサー103は各ポンペ71から供給される複数種のプラズマ生成用ガスを混合するものである。上記のみキサー103はガス配管78を介して反応管2のガス導入管70に接続されている。ガス配管78の途中には逆火防止弁79が設けられており、プラズマ処理装置Aで火災が起きた場合に、ガス配管78を通じて火がみキサー103に到達しないようにこの逆火防止弁79で火を遮断するのである。

【0059】82は冷媒を冷却する冷凍機であって、送出管83と返送管84を介してタンク85に接続されている。タンク85には導出管86の一端が接続されており、導出管86の途中には循環手段4であるポンプ87が設けられている。導出管86の他端には分岐器88が設けられており、分岐器88には供給管接続管89と流入管接続管90が接続されている。供給管接続管89はプラズマ処理装置Aの内側電極3の供給管26に、また流入管接続管90はプラズマ処理装置Aの外側電極1の流入管34にそれぞれ接続されている。尚、このシステ

ムのプラズマ処理装置Aは図3の同様のものであるが、外側電極1の流入管34と流出管35の上下の位置関係は逆に形成されている。

【0060】91は流出管接続管であって、その一端がプラズマ処理装置Aの外側電極1の流出管35に、他端は混合器92にそれぞれ接続されている。93は排出管部接続管であって、その一端は内側電極3の電極本体管25の排出管部27に、他端は上記の混合器92にそれぞれ接続されている。混合器92は導入管100により上記のタンク85に接続されており、導入管100の途中には冷媒の導入管100に流れる冷媒の温度を測定する熱電対温度計94が設けられている。この熱電対温度計94はプラズマ処理装置Aの制御装置48を構成するものである。

【0061】15は高周波発生器等で形成される電源であり、給電線95を介してプラズマ処理装置Aの外側電極1に電氣的に接続されており、また給電線95の途中には自動同調カップラー96が設けられている。自動同調カップラー96は回路のインピーダンスの整合を自動的に図るものである。97は制御装置48を構成する赤外線温度計であり、プラズマ処理装置Aの外側電極1の温度と被処理物7の処理部分の温度を測定するものである。14はマイクロコンピュータ、マイクロプロセッサ、CPU、パーソナルコンピュータなどのコンピュータであって、プラズマ処理装置Aの制御装置48を構成するものである。またコンピュータ14は上記の熱電対温度計94と赤外線放射温度計97と入力線98で電氣的に接続されており、熱電対温度計94と赤外線放射温度計97での温度測定結果が入力線98を介して入力されるようになっている。またコンピュータ14は予めプログラミングされた手順に従って、被処理物7を搬送するベルトコンベア等の搬送装置23の搬送動作、プラズマ処理装置Aの下側に配設されるXYテーブル99の駆動動作、一次バルブ73の開閉動作、ポンプ87による冷媒の流量調整動作、電源15における高周波発生量調整動作や周波数調整動作、プラズマ処理の時間などを自動的に制御するものである。尚、外側電極1及び自動同調カップラー96からの回路と外側電極1が接続される部分は、腐食するとインピーダンスの不整合が生じるので、耐腐食性の材料、例えば金メッキ等を施すのが好ましい。

【0062】図11、12に図1のプラズマ処理システムの具体例を示す。箱状に形成されるシステム本体110内の下部には、電源15、冷凍機82、ポンプ87、タンク85、一次バルブ73、みキサー103が収納されている。またシステム本体110内の上部には自動同調カップラ96が収納されている。111はシステム本体110の上面に取り付けられた排気ファンである。そしてシステム本体110内の中部に搬送装置23が設けられており、また搬送装置23の上方にプラズマ処理装

置Aが配置されている。尚、コンピュータ14及びポン
 ベ71はシステム本体110の外部に配置されている。

【0063】搬送装置23は、XYテーブル99と導入
 レール112と導出レール113とで構成されている。
 導入レール112はシステム本体110の内部からシス
 テム本体110の一方の側面に設けた入口114を介し
 てシステム本体110の外部へと突出して設けられて
 いる。図13に示すように導入レール112は一对のレ
 ール材115を水平面で略平行に並べて形成されてお
 り、一对のレール材115の間の略中央部において、導入
 レール112の内側端部の下側と外側端部の下側にはロー
 ル116がそれぞれ設けられている。このロール116
 には導入ベルト117が掛架されており、導入ベルト1
 17は導入モータ118の駆動により一方向に進行駆動
 されるように形成されている。導入ベルト117は導入
 レール112一对のレール材115の間において、シス
 テム本体110の内部に向かう方向に進行するものであ
 る。また導出レール113はシステム本体110の内部
 からシステム本体110の他方の側面に設けた出口12
 0を介してシステム本体110の外部へと突出して設け
 られている。上記入口114と出口120は互いに対向
 する位置に形成されている。図13に示すように導出
 レール113は一对のレール材115を水平面で略平行に
 並べて形成されており、一对のレール材115の間の略
 中央部において、導出レール113の内側端部の下側と
 外側端部の下側にはロール116がそれぞれ設けられて
 いる。このロール116には導出ベルト121が掛架さ
 れており、導出ベルト121は導出モータ122の駆動
 により一方向に進行駆動されるように形成されている。
 導出ベルト121は導出レール113の一对のレール材
 115の間において、システム本体110の外部に向か
 う方向に進行するものである。

【0064】XYテーブル99は、下レール123と上
 レール124と移動台125とで構成されている。下レ
 ール123は導入レール112及び導出レール113と
 略平行方向（入口114と出口120を結ぶ方向と略平
 行方向）に長く形成されており、導入レール112及び
 導出レール113の奥側に配置されている。下レール1
 23の上には走行台126が下レール123の長手方向
 に走行自在に取り付けられており、走行台126の上
 に上レール124が設けられている。上レール124は導
 入レール112及び導出レール113と略直交方向（入
 口114と出口120を結ぶ方向と略直交方向）に長く
 形成されており、導入レール112と導出レール113
 の間からプラズマ処理装置Aの下側に至る長さ
 に形成されている。そして上レール124の上に移動
 台125が上レール124の長手方向に沿って走行自在
 に取り付けられている。

【0065】移動台125は上レール124の上を走行
 する走行部127と、走行部127の上に突設される脚

部128と、脚部128の上に設けられた平板状のセッ
 ト台129とで構成されており、セット台129の上面
 は導入レール112及び導出レール113の上面とほぼ
 同じ高さに配置されている。そしてセット台129が導
 入レール112及び導出レール113の間に位置する状
 態とプラズマ処理装置Aの下側に位置する状態との間
 で移動するように、移動台125が上レール124の上を
 走行して移動するのである。そしてXYテーブル99に
 は上記下レール123と上レール124と移動台125
 を走行させるために、モーターなどの駆動装置が内蔵
 されている。

【0066】プラズマ処理装置Aはシステム本体110
 の内部に立設された支持台130の先端に取り付けられ
 ており、導入レール112及び導出レール113の奥側
 で、下レール123及び上レール124のほぼ真上に配
 置されている。図14、15に示すように、支持台13
 0の先端には挟持具131が設けられており、挟持具1
 31で反応管2の略中央部が挟持されている。またプラ
 ズマ処理装置Aは上下面が開くシールドケース13
 2で覆われており、シールドケース132の下面の開
 口からは反応管2の集束部20が、シールドケース13
 2の上面の開口からは供給管26の供給部28がそれぞ
 れ突出されている。またシールドケース132の側面
 には外側電極1の流入管34と流出管35が突出され
 ている。尚、プラズマ処理装置Aは図4のものとほ
 ぼ同等に形成されている。

【0067】このプラズマ処理システムには、流入防
 止手段5を設けて形成されている。流入防止手段5は
 放電空間22における放電及びプラズマ生成用ガス
 の供給を停止してプラズマ処理を行っていない時
 に、有機物や湿気などの微量の不純物を含有する反
 応管2の外部の空気が、吹き出し口21から反応管2
 へ流入するのを防止するものである。流入防止手段5
 は蓋体6とこれを上下駆動させるシリンダーなどの
 駆動装置33で構成されており、駆動装置33のロッ
 ド46の上端に蓋体6が設けられている。そして蓋体
 6が吹き出し口21と対向するように反応管2の下
 側に配置されている。蓋体6の上面には反応管2の
 下端部の集束部20が挿入される収納凹部41が凹設
 されている。収納凹部41はすり鉢状であって断面
 略逆台形状に形成されており、収納凹部41の内周
 面には溝部42が全周に亘って凹設されていると共
 に、溝部42にはパッキン102が挿着されている。

【0068】上記のプラズマ処理装置Aでプラズマ
 処理を行う場合は、駆動装置33のロッド46を下動
 させて蓋体6を下動させることによって吹き出し口
 21を開放させ、吹き出し口21からプラズマジェッ
 ト65を吹き出しようにする。またプラズマ処理を
 停止している場合は、駆動装置33のロッド46を上
 動させて蓋体6を上動させ、蓋体6の収納凹部41
 に反応管2の集束部20を収納すると共にパッキン
 102を集束部20の外周面

に密着させ、吹き出し口 21 を蓋体 6 で閉塞するようにする。

【0069】プラズマ処理装置 A の停止時に、吹き出し口 21 を開放したままにしておくと、反応管 2 の外部の空気が吹き出し口 21 から反応管 2 内に侵入し、外部の空気に含有されている有機物や湿気などの微量の不純物が反応管 2 の内面や内側電極 3 の外面に付着することになるが、反応管 2 の内面や内側電極 3 の外面に付着した不純物は、プラズマ処理装置 A の運転再開時（プラズマ処理の再開時）に放電により再脱着して、プラズマのラジカルの生成に悪影響（反応に寄与するラジカルを死滅させる）を与えることがあり、このためにプラズマの生成が遅くなったりして通常のプラズマ生成量で運転を再開するまでに時間がかかることがあった。そこでこの実施の形態のプラズマ処理装置 A では、プラズマ処理装置 A の停止時に反応管 2 の吹き出し口 21 を閉塞する蓋体 6 を設けることによって、プラズマ処理装置 A の停止時に、外部の空気が吹き出し口 21 から反応管 2 へ流入するのを防止し、運転再開時にプラズマの生成を速く効率よく行うことができるようにしたものである。

【0070】上記の流入防止手段 5 として蓋体 6 の代わりに、湿気や不純物が少ない（含有しない）乾燥空気をを用いることができる。つまりプラズマ処理装置 A の停止時に吹き出し口 21 を開放した状態で、ガス導入管 70 から反応管 2 の内部に乾燥空気を供給し続けると共に反応管 2 の内部に供給した乾燥空気を吹き出し口 21 から吹き出し続けるようにするのである。このように反応管 2 に乾燥空気を供給し続けると共に供給した乾燥空気を吹き出し口 21 から吹き出し続けるようにすることによって、吹き出し口 21 から外部の空気が反応管 2 の内部に侵入するのを防止することができ、運転再開時にプラズマの生成を速く効率よく行うことができるものである。

【0071】また運転停止時に反応管 2 の内部に吸着した空気中の微量の不純物を除去することによっても、上記の悪影響を緩和することができる。運転停止時に反応管 2 の内部に吸着した空気中の微量の不純物を除去する手段としては、例えば、反応管 2 を加熱するヒーターを設けるのがよい。

【0072】上記のプラズマ処理システムで被処理物 7 のプラズマ処理を行うにあたっては、次のようにする。まずポンプ 87 で冷媒を冷凍機 82 とプラズマ処理装置 A の間で循環させる。つまり、冷凍機 82 から送出管 83 を介して冷却された冷媒をタンク 85 に導入し、タンク 85 から導出管 86 を介して分岐器 88 に冷媒を供給し、分岐器 88 で冷媒を供給管接続管 89 と流入管接続管 90 に分岐して導入し、供給管接続管 89 から冷媒をプラズマ処理装置 A の供給管 26 に供給すると共に流入管接続管 90 から流入管 34 に冷媒を供給する。供給管 26 に供給された冷媒は内側電極 3 の流路部 29 を通

て排出管部 27 から排出され、排出管部接続管 93 を介して混合器 92 に導入される。一方、流入管 34 に供給された冷媒はプラズマ処理装置 A の外側電極 1 の流通路 32 を通って流出管 35 から排出され、流出管接続管 91 を介して混合器 92 に導入される。この後、冷媒は混合器 92 から導入管 100 を介してタンク 85 に導入され、返送管 84 を介して冷凍機 82 に返送される。

【0073】上記のように冷媒を循環させた後、プラズマ処理装置 A にプラズマ生成用ガスを導入する。つまり、一次バルブ 73 と二次バルブ 75 を開いた状態にしてボンベ 71 から接続管 72 を介してミキサー 103 に各種のプラズマ生成用ガスを供給し、ミキサー 103 でプラズマ生成用ガスを混合した後、ガス配管 78 を介してガス導入管 70 に混合したプラズマ生成用ガスを供給し、ガス導入管 70 から反応管 2 の放電空間 22 にプラズマ生成用ガスを導入するのである。

【0074】上記のようにプラズマ生成用ガスを放電空間 22 に導入した後、電源 15 で発生させた高周波電圧を外側電極 1 に印加し、放電空間 22 に高周波電界を印加する。尚、内側電極 3 は接地されている。そして放電空間 22 に高周波電界を印加することによって、放電空間 22 に導入されたプラズマ生成用ガスがプラズマ化されて反応管 2 の吹き出し口 21 からプラズマジェット 65 として吹き出すようにする。このようにして生成したプラズマジェット 65 が一定の出力になると、搬送装置 23 を駆動させ、前工程を終了した被処理物 7 をシステム本体 110 に導入し、プラズマ処理装置 A でプラズマ処理を被処理物 7 に施した後、次工程へと搬送する。

【0075】コンピュータ 14 には、プラズマ処理される被処理物 7 の被処理部分 13 の位置が予め入力されている。このことを被処理物 7 が図 18 に示すような IC 搭載回路基板である場合について説明する。8 は回路基板であって、その四隅には位置合わせマーカー 40 が設けられている。また回路基板 8 の表面には IC などの電子部品 43 が搭載されるダイ部 44 が設けられており、このダイ部 44 には複数のボンディングパッド 45 がダイ部 44 の各辺に沿って並べて形成されている。また回路基板 8 の表面には複数のボンディングパッド 9 が電子部品 43 を囲むように並べて形成されている。さらに回路基板 8 の表面には一対のランド 47 が形成されており、ランド 47 にはチップ抵抗などの電子部品 43 が半田 49 にて接合されている。

【0076】このような IC 搭載回路基板であって、電子部品 43 を囲むボンディングパッド 9 の表面処理をプラズマ処理で行う場合は、図 18 に示すように、電子部品 43 を囲むような線に沿って被処理部分 13 が形成されるが、この被処理部分 13 の開始点 a と終点 b 及び複数の通過点 c、d、e の位置が (X, Y) 座標で表されてコンピュータ 14 に入力されている。つまり、所定の位置に位置合わせされた IC 搭載回路基板の位置合わせ

マーカー 40 を基準として IC 搭載回路基板上に X 軸と Y 軸からなる直角座標を想定し、開始点 a の位置を (X 1, Y 1)、終点 b の位置を (X 5, Y 5)、通過点 c、d、e の位置をそれぞれ (X 2, Y 2)、(X 3, Y 3)、(X 4, Y 4) として座標で表してコンピュータ 14 に入力している。また上記コンピュータ 14 には被処理物 7 の被処理部分 13 の処理時間として、プラズマ処理装置 A からプラズマを吹き出す時間が予め入力されている。

【0077】そして上記のプラズマ処理システムで IC 搭載回路基板である被処理物 7 の被処理部分 13 をプラズマ処理するにあたっては、まず、前処理を終えた被処理物 7 を導入レール 112 の外側端部の上に供給すると共に導入ベルト 117 に被処理物 7 の下面を接触させ、導入ベルト 117 の進行によって被処理物 7 を入口 114 からシステム本体 110 の内部に導入する。システム本体 110 の内部に導入された被処理物 7 は、導入レール 112 と導出レール 113 の間に位置する移動台 125 のセット台 129 の上面に導入レール 112 から供給されて載置される。次に、移動台 125 を上レール 124 の上で走行させることによって、図 19 のように被処理物 7 をプラズマ処理装置 A の下側に配置する。

【0078】次に、プラズマ処理装置 A の反応管 2 の吹き出し口 21 からプラズマジェット 65 を吹き出させながら、プラズマジェット 65 の下方で被処理物 7 を水平面で XY テーブル 99 の駆動にて移動させる。つまり、下レール 123 の長手方向に沿って上レール 124 を移動させると共に、下レール 123 の長手方向に沿って移動台 125 を移動させることによって、移動台 125 のセット台 129 に載置された被処理物 7 を水平面で移動させることができる。そしてプラズマ処理装置 A から吹き出されるプラズマジェット 65 が、開始点 a から通過点 c、d、e をこの順で通過して終点 b に到達するように、コンピュータ 14 に予め入力された各点の座標に基づいて XY テーブル 99 を水平面で移動させるように制御することによって行われる。次に、処理時間が経過するとコンピュータ 14 からプラズマ処理装置 A に信号が送られてプラズマジェット 65 の吹き出しが終点 b の位置で停止される。

【0079】この後、上レール 124 を下レール 123 の上で走行させると共に移動台 125 を上レール 124 の上で走行させることによって、移動台 125 を導入レール 112 と導出レール 113 の間に位置させる。次に、導出ベルト 121 の進行によって被処理物 7 を導出レール 113 の上を進行させ、出口 120 からシステム本体 110 の外部に導入し、次工程に搬送する。このようにして複数枚の IC 搭載回路基板を順次送りながら連続的にプラズマ処理を行うことができ、しかもコンピュータ 14 に予めプログラミングされた手順に従って所望の箇所を自動的にプラズマ処理することができる。

【0080】上記のようなプラズマ処理システムを用いることによって、プラズマ処理が電子部品 43 の周囲のボンディングパッド 9 にのみ限定されて施されることになり、プラズマ処理の不要な他の部分、例えば、電子部品 43、48 や半田 49 や樹脂の部分にプラズマ処理の影響が少なくなつてダメージを小さくすることができる。特に、樹脂や半田などの耐熱性に乏しい部分を有する被処理物 7 には有効である。さらに 250℃ 以下のプラズマジェット 65 では、IC チップなどの電子部品 43、48 のチャージアップダメージがほとんど生じないようにすることができる。また上記のプラズマ処理システムは、開始点 a と終点 b 及び複数の通過点 c、d、e の座標の値を代えることによって、例えば、電子部品 43 の搭載前におけるダイ部 44 のボンディングパッド 45 の表面処理やランド 47 の表面処理などに簡単に処理内容を変更することができる。

【0081】また本発明により、フラックスを用いないで半田接合を行うこともできる。本来、フラックスは半田の表面に生じた酸化物層が接合に悪影響を及ぼすため、これを除去する役割をするものであるが、フラックスが基板に残存するために、洗浄を施す必要がある。これに対して本発明において、水素及びフッ素含有ガスを混合したプラズマにより該酸化物層を除去することにより、全くフラックスを用いないで半田接合を行うことができる。

【0082】上記のようにプラズマ処理を行っている間、冷媒の温度が熱電対温度計 94 で常に測定されていると共に外側電極 1 及び被処理物 7 の温度が赤外線温度計 97 で測定されており、これら測定結果はコンピュータ 14 に入力されている。そして冷媒や外側電極 1 の温度が高すぎれば、ポンプ 87 による冷媒の流量や冷凍機 82 による冷媒の冷却能力を上げるようにコンピュータ 14 で制御し、また冷媒の温度が低すぎれば、ポンプ 87 による冷媒の流量や冷凍機 82 による冷媒の冷却能力を下げるようにコンピュータ 14 で制御する。また冷媒や外側電極 1 や被処理物 7 の温度が異常に高くなれば、一次バルブ 73 を開けて反応管 2 へのプラズマ生成用ガスの供給を遮断したり、また電源 15 での高周波の発生を遮断したり、搬送装置 23 での被処理物 7 の搬送を停止したりするようにコンピュータ 14 で制御する。

【0083】尚、上記の実施の形態では、水平面で移動する XY テーブル 99 を用いたが、これの代わりに、水平面及び垂直方向に移動する XYZ テーブルを用いるようにしても良く、このことで反応管 2 の吹き出し口 21 と被処理物 7 の距離もプラズマ処理中に制御手段 48 のコンピュータ 14 で制御して調節することができる。

【0084】図 20 に上記のプラズマ処理装置 A を用いた他のプラズマ処理システムを示す。10 は支持アームであつて、前支持片 36 と後支持片 37 とで構成されている。前支持片 36 の先端にはプラズマ処理装置 A を把

持するための把持部 38 が設けられており、プラズマ処理装置 A は把持部 38 に把持させて設けられている。また前支持片 36 は後支持片 37 に出沒自在に取り付けられており、このことで支持アーム 10 は伸縮自在に形成されている。また後支持片 37 は支柱 39 に上下動自在及び支柱 39 の周方向に回転自在に取り付けられており、このことで支持アーム 10 は支柱 39 に対して上下動可能及び回転動可能に形成されている。

【0085】11 は設置台であって、被処理物 7 を載せて搬送することができるベルトコンベアなどの搬送機で形成されている。またこの設置台 11 としては水平移動可能なテーブルなどで形成することもできる。12 はカメラ等で形成される検知器であって、制御装置 48 を構成するものであり、設置台 11 の上方に配設されており、被処理物 7 の位置合わせマーカー 40 を認識して被処理物 7 の水平位置を検出するものである。14 は前述したコンピュータであって、制御装置 48 を構成するものであり、上記支持アーム 10、支柱 39、検知器 12、設置台 11 に電氣的に接続されている。そしてコンピュータ 14 及び支持アーム 10 とで、反応管 2 を二次元あるいは三次元に移動させる手段、つまり反応管 2 を水平面と垂直方向に移動させる手段が構成されている。

【0086】上記コンピュータ 14 には、図 18 に示す被処理物 7 の被処理部分 13 の位置が上記と同様に予め入力されている。このように形成されるプラズマ処理システムで IC 搭載回路基板の被処理部分 13 をプラズマ処理するにあたっては、まず、設置台 11 で搬送されている IC 搭載回路基板の位置合わせマーカー 40 が検知器 12 に検知されると、その検知信号がコンピュータ 14 に送られ、コンピュータ 14 がこの検知信号に基づいて設置台 11 に停止信号を送って設置台 11 を停止させ、IC 搭載回路基板をプラズマ処理装置 A の下方の所定の位置にセットする。

【0087】次に、コンピュータ 14 からの信号でプラズマ処理装置 A を作動させると共にプラズマジェット 65 を吹き出させながらプラズマ処理装置 A を被処理部分 13 の上方で移動させる。プラズマ処理装置 A は、開始点 a から通過点 c、d、e をこの順で通過して終点 b に到達するように移動するが、この移動はコンピュータ 14 が予め入力された各点の座標に基づいて支持アーム 10 を伸縮させたり支持アーム 10 を支柱 39 に対して回転させたりして支持アーム 10 や支柱 39 を制御することによって行われる。また支持アーム 10 を支柱 39 に対して上下動させても良い。次に、処理時間が経過するとコンピュータ 14 からプラズマ処理装置 A に信号が送られてプラズマジェット 65 の吹き出しが終点 b の位置で停止される。このようにして複数枚の IC 搭載回路基板を設置台 11 で順次送りながら連続的にプラズマ処理を行うことができる。

【0088】

【発明の効果】上記のように本発明の請求項 1 に記載の発明は、外側電極を備えた筒状の反応管、及び反応管の内部に配置される内側電極を具備し、外側電極と内側電極の少なくとも一方に冷却手段を設けて構成され、反応管に不活性ガスまたは不活性ガスと反応ガスの混合気体を導入すると共に外側電極と内側電極の間に交流電界を印加することにより大気圧下で反応管の内部にグロー放電を発生させ、反応管からプラズマジェットを吹き出すプラズマ処理装置と、プラズマジェットが吹き出される位置に被処理物を搬送する搬送装置とを備えるので、冷却手段で外側電極あるいは内側電極を冷却手段で冷却することによって、大気圧下で周波数及び出力の高い交流でプラズマを生成しても、外側電極あるいは内側電極の温度上昇を抑えることができ、プラズマの温度が高くならないようにすることができて被処理物の熱的損傷を少なくすることができるものであり、また均質なグロー放電を生成してストリーマー放電の生成を抑えることができ、被処理物のストリーマー放電による損傷を少なくすることができるものであり、しかもプラズマジェットを局所的に吹き出すことによって、被処理物の特定の部分にのみプラズマ処理を行いやすくなるものである。さらにプラズマジェットが吹き出される位置に被処理物を搬送することによって、連続的に被処理物をプラズマ処理することができ、処理時間を短くすることができるものである。

【0089】また本発明の請求項 2 に記載の発明は、プラズマジェットが吹き出される位置において被処理物が保持される XY テーブルまたは XYZ テーブルを搬送装置に設け、被処理物の被処理部分にプラズマジェットが吹き出されるように XY テーブルまたは XYZ テーブルを移動させる制御装置を具備するので、制御装置の制御で XY テーブルまたは XYZ テーブルを移動させることによって、被処理物の所望の箇所に自動的にプラズマ処理を施すことができ、プラズマ処理の効率を高めることができるものである。

【0090】また本発明の請求項 3 に記載の発明は、反応管を二次元あるいは三次元に移動させる手段を設けるので、反応管を二次元あるいは三次元に移動させてプラズマ処理を行うことによって、被処理物の所望の箇所にプラズマ処理を施すことができ、プラズマ処理の効率を高めることができるものである。

【0091】また本発明の請求項 4 に記載の発明は、外側電極を備えた筒状の反応管の内部に内側電極を配置し、外側電極と内側電極の少なくとも一方に冷却手段を設け、反応管に不活性ガスまたは不活性ガスと反応ガスの混合気体を導入すると共に外側電極と内側電極の間に交流電界を印加することにより大気圧下で反応管の内部にグロー放電を発生させ、反応管からプラズマジェットを吹き出すと共に、プラズマジェットが吹き出される位置に被処理物を搬送するので、冷却手段で外側電極ある

いは内側電極を冷却手段で冷却することによって、大気圧下で周波数及び出力の高い交流でプラズマを生成しても、外側電極あるいは内側電極の温度上昇を抑えることができ、プラズマの温度が高くないようにすることができ、被処理物の熱的損傷を少なくすることができるものであり、また均質なグロー放電を生成してストリーマ放電の生成を抑えることができ、被処理物のストリーマ放電による損傷を少なくすることができるものであり、しかもプラズマジェットを局所的に吹き出すことによって、被処理物の特定の部分にのみプラズマ処理を行いやすくなるものである。さらにプラズマジェットが吹き出される位置に被処理物を搬送することによって、連続的に被処理物をプラズマ処理することができ、処理時間を短くすることができるものである。

【0092】また本発明の請求項5に記載の発明は、プラズマジェットが吹き出される位置において搬送装置に設けたXYテーブルまたはXYZテーブルに被処理物を保持し、被処理物の被処理部分にプラズマジェットが吹き出されるようにXYテーブルまたはXYZテーブルを移動させるので、制御装置の制御でXYテーブルまたはXYZテーブルを移動させることによって、被処理物の所望の箇所に自動的にプラズマ処理を施すことができ、プラズマ処理の効率を高めることができるものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態の一例を示す概略図である。

【図2】同上のプラズマ処理装置Aの一例を示す断面図である。

【図3】同上の一部を拡大した断面図である。

【図4】同上の他のプラズマ処理装置を示す断面図である。

【図5】同上の外側電極の一例を示す斜視図である。

【図6】同上のさらに他のプラズマ処理装置を示す断面図である。

【図7】同上のさらに他のプラズマ処理装置を示し、

(a)は側面図、(b)は断面図である。

【図8】同上のさらに他のプラズマ処理装置を示し、(a)は断面図、(b)は一部の断面図、(c)は底面図である。

【図9】同上のさらに他のプラズマ処理装置を示し、(a)は一部が破断した側面図、(b)は断面図である。

【図10】同上の使用状態を示す断面図である。

【図11】同上のプラズマ処理システムの一例を示す概略の断面図である。

【図12】同上の断面図である。

【図13】同上の断面図である。

【図14】同上のプラズマ処理装置の一例を示す断面図である。

【図15】同上の断面図である。

【図16】同上の流入防止手段を示す断面図である。

【図17】同上の流入防止手段を示す拡大した断面図である。

【図18】同上の被処理物を示す平面図である。

【図19】同上のプラズマ処理の方法を示す概略の平面図である。

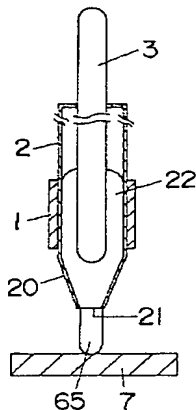
【図20】同上の他のプラズマ処理システムを示す概略図である。

【図21】比較例を示す断面図である。

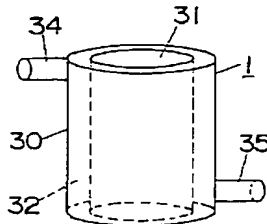
【符号の説明】

- 1 外側電極
- 2 反応管
- 3 内側電極
- 7 被処理物
- 13 被処理部分
- 23 搬送装置
- 48 制御装置
- 65 プラズマジェット
- 99 XYテーブル
- A プラズマ処理装置

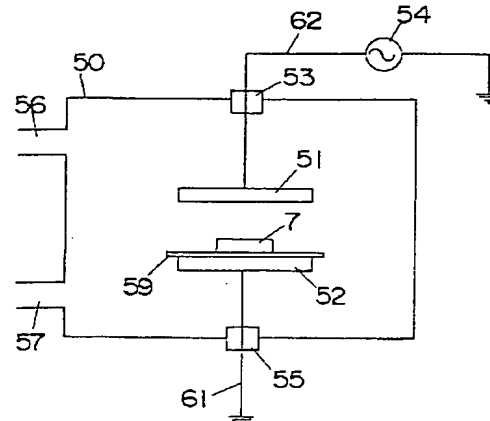
【図3】



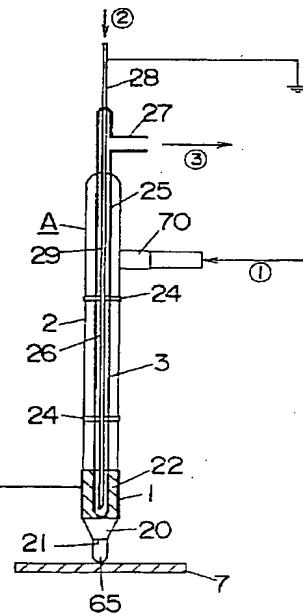
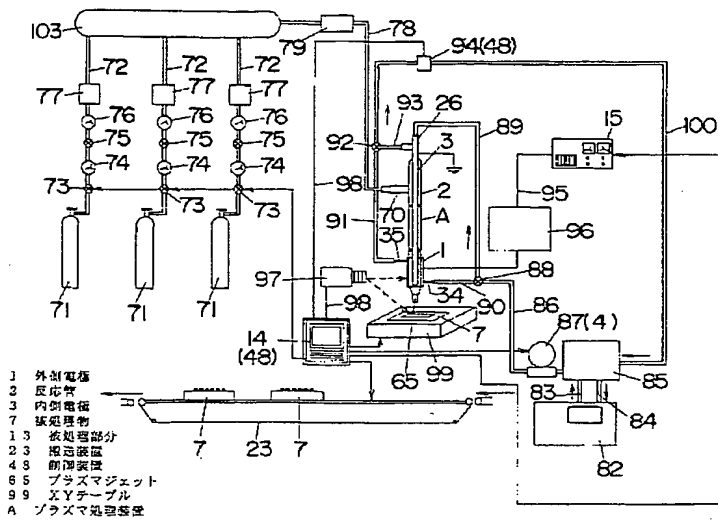
【図5】



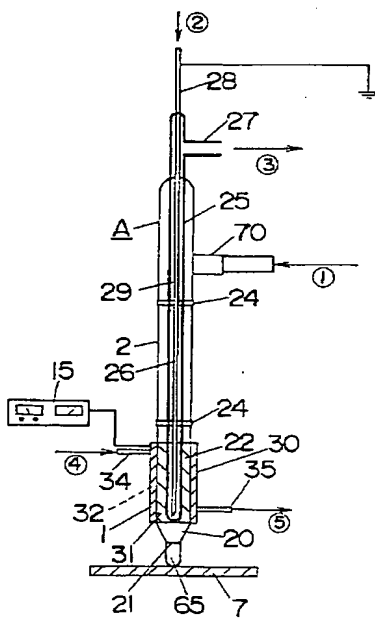
【図21】



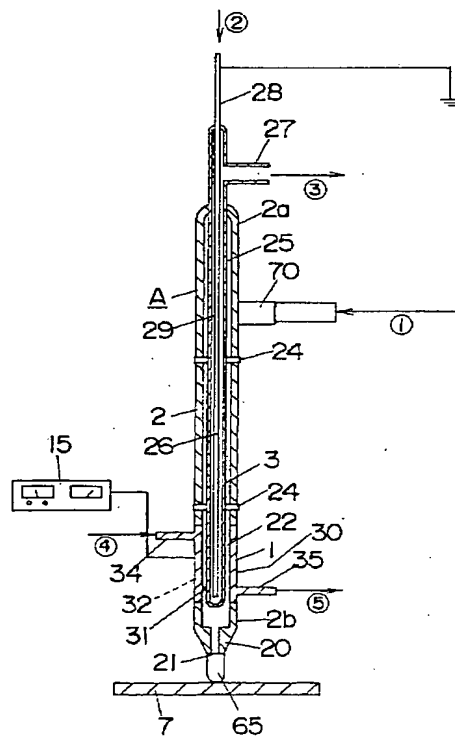
【図 2】



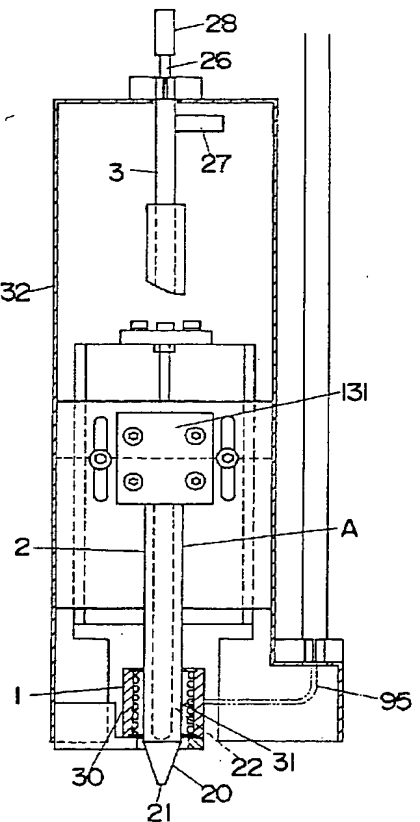
【図 4】



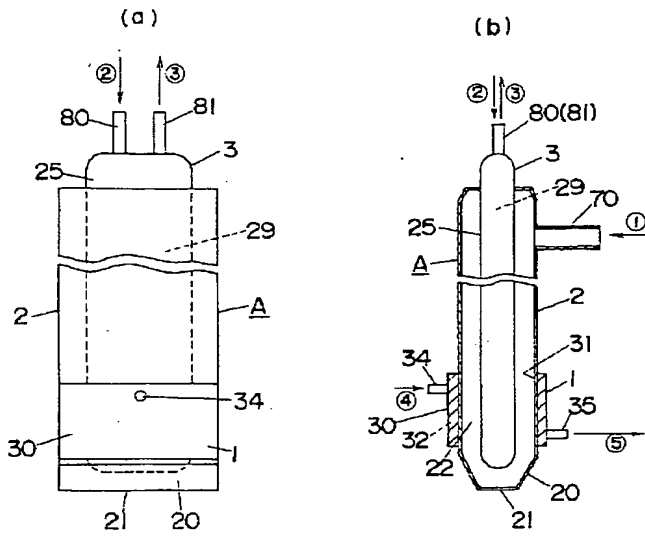
【図 6】



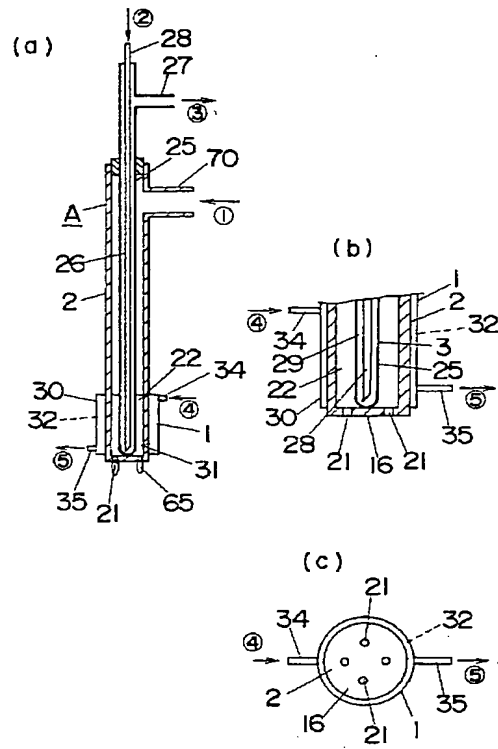
【図 14】



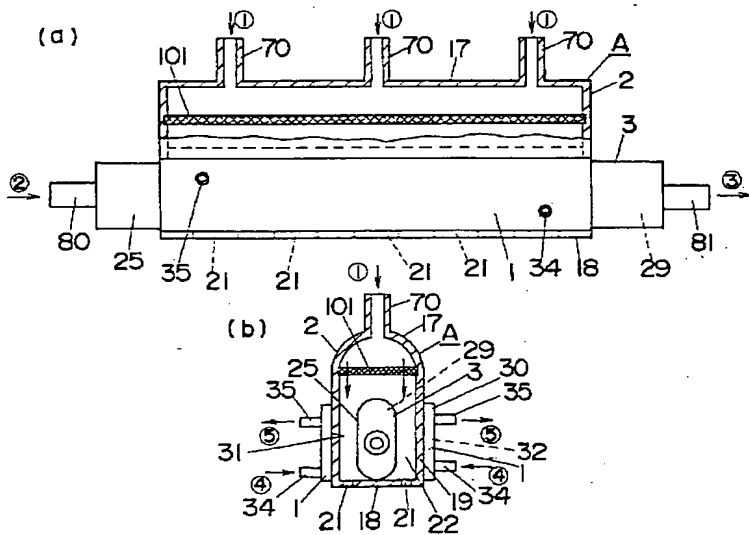
【圖 7】



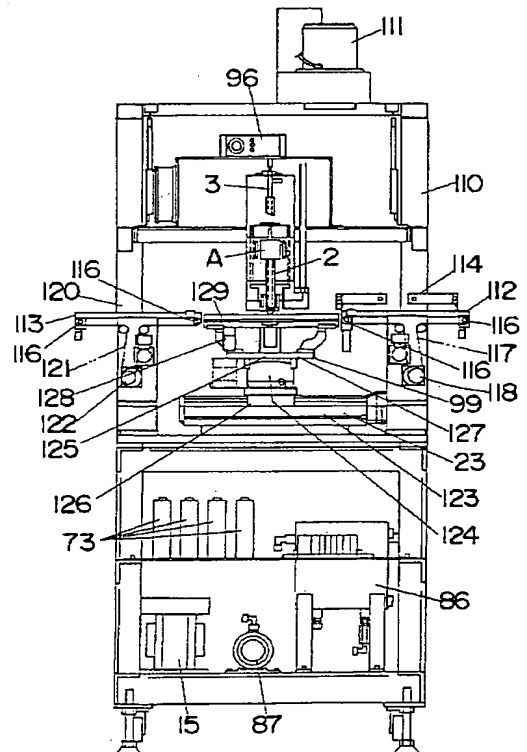
【圖 8】



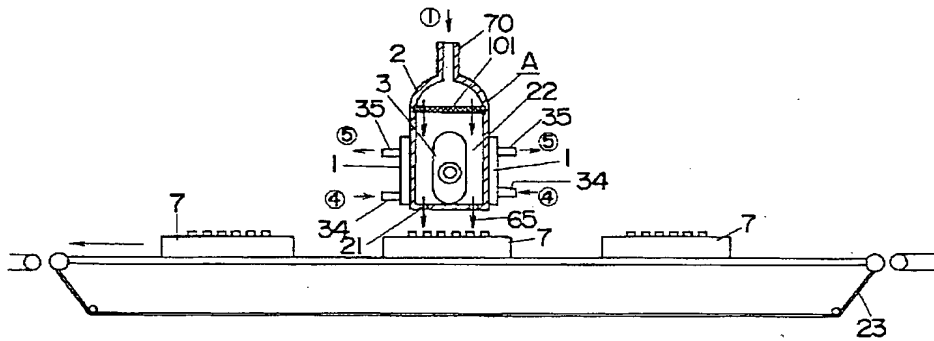
【圖 9】



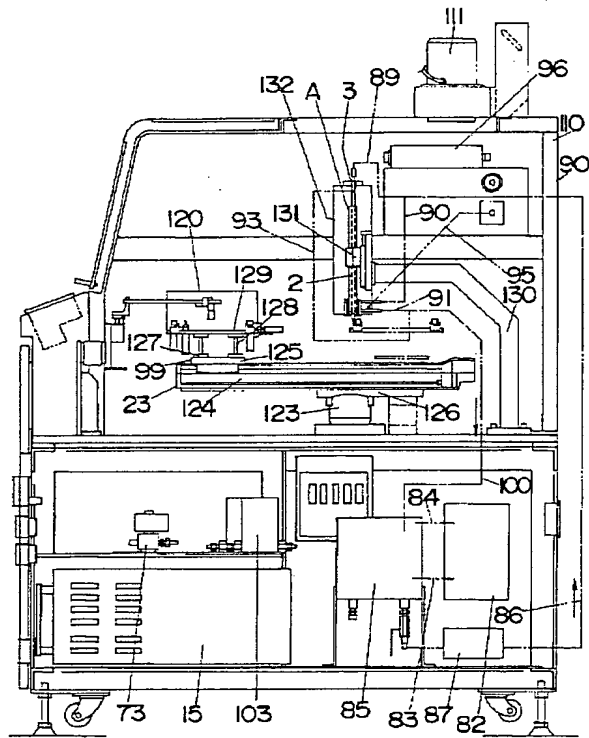
【圖 11】



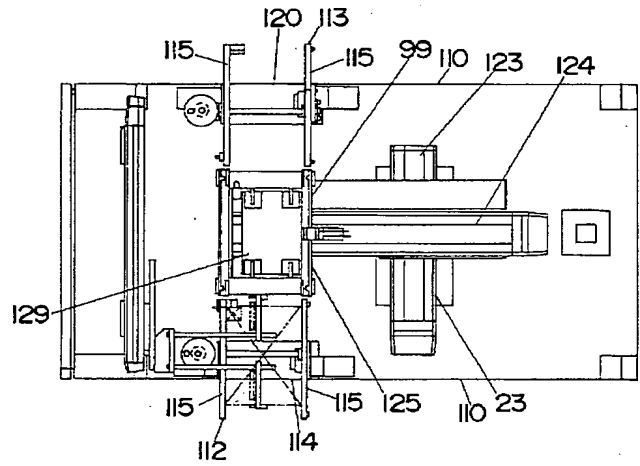
【図10】



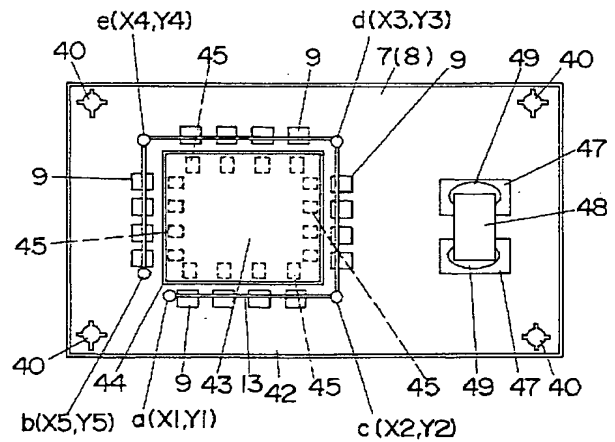
【図12】



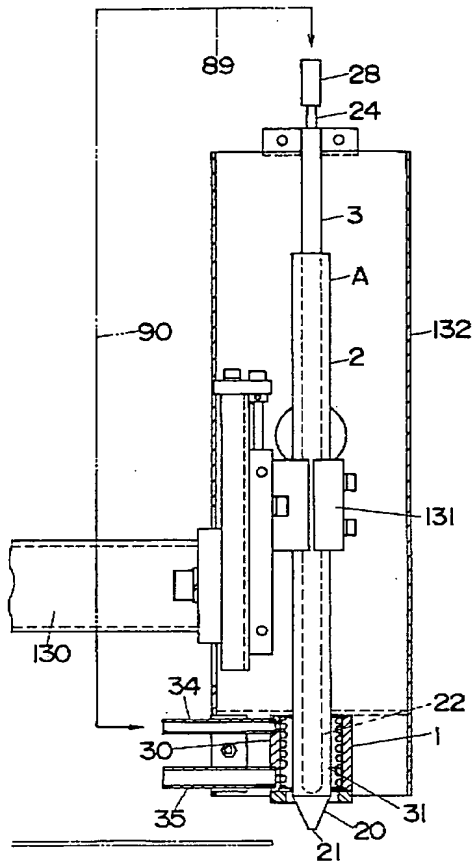
【図13】



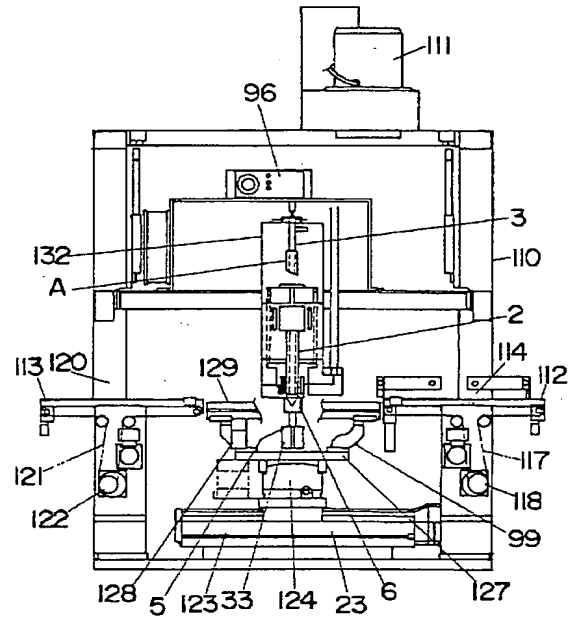
【図18】



【図15】



【図16】



【図17】

